

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бытенский О.М. Энергосбережение в тепловых сетях систем теплоснабжения // Энергетик. – 2009. – № 5. – С. 25–28.
2. Развитие теплоснабжения в России в соответствии с Энергетической стратегией до 2030 г. // Новости теплоснабжения. – 2010. – № 2. – С. 6–9.
3. Каганер М.Г. Тепловая изоляция в технике низких температур. – М.: Машиностроение, 1966. – 275 с.
4. СНиП 41-03-2003. Тепловая изоляция оборудования и трубопроводов. – М.: Изд-во стандартов, 2004. – 28 с.
5. Официальный сайт ЗАО «ПЗЭМ». 2011. URL: <http://www.pzem.ru/taxonomy/term/21> (дата обращения: 19.09.2011).
6. Курылев Е.С., Оносовский В.В., Румянцев Ю.Д. Холодильные установки. – СПб.: Политехника, 2004. – 576 с.
7. Самарский А.А., Гулин А.Н. Численные методы математической физики. – М.: Научный мир, 2000. – 316 с.
8. Ильинский В.М. Строительная теплофизика. – М.: Высшая школа, 1974. – 320 с.
9. Бурцев С.И., Цветков Ю.Н. Влажный воздух. Состав и свойства. – СПб.: СПбГАХПТ, 1998. – 146 с.
10. Новицкий Л.А., Кожевников И.Г. Теплофизические свойства материалов при низких температурах. – М.: Машиностроение, 1975. – 216 с.

Поступила 02.11.2011 г.

УДК 621.311.001.57

ПРОГРАММНЫЙ КОМПЛЕКС ВИЗУАЛЬНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ СХЕМ ТЕПЛОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ УСТАНОВОК

Д.К. Смирнов, Н.Н. Галашов

Томский политехнический университет

E-mail: gal@tpu.ru

На основе объектного подхода разработан программный комплекс визуального моделирования схем теплоэнергетических установок. Он позволяет автоматизировать процесс моделирования схем из готовых компонентов оборудования и связей, а также создавать новые компоненты и изменять математические модели любых объектов на любом этапе моделирования.

Ключевые слова:

Теплоэнергетическая установка, объектный подход, моделирование, элемент, связь, класс, объект.

Key words:

Heat-and-power engineering, object approach march, modeling, element, connection, class, object.

В настоящее время имеется большое количество как зарубежных, так и отечественных разработок нового энергетического оборудования. К ним относятся парогазовые установки; энергоблоки на суперсверхкритические параметры пара; установки с когенерацией и тригенерацией на ТЭЦ и т. д. Для выбора наиболее надежных, экономичных и маневренных установок требуются сложные трудоемкие расчеты, которые практически невозможно выполнить без современной вычислительной техники и специальных методов математического моделирования.

Имеющиеся в настоящее время работы по математическому моделированию схем теплоэнергетических установок [1–7] разрабатывались без применения объектного подхода (ОП), который появился в современных языках программирования и позволяет значительно усовершенствовать и упростить процесс моделирования, что показано в работе [8]. В существующих программах моделирования жестко определяется набор оборудования, на основе которого моделируется энергоустановка, и для каждого вида оборудования составляется своя система уравнений, которую невозможно изменить без изменения кода основной программы.

Сложным является и процесс связывания объектов схемы в единую систему, для чего применяются специальные математические методы теории графов и матриц. При этом пользователь большую часть времени затрачивает на кодирование связей.

Целью данной работы является применение объектного подхода, что позволяет устранить перечисленные недостатки существующих методик и программ моделирования.

Объектный подход предоставляет следующие важные преимущества [9]: возможность сборки системы из готовых повторно используемых компонент; возможность накапливать теоретические и опытные знания в виде библиотек классов на основе механизма наследования; простоту внесения изменений в проекты за счет использования свойств наследования и полиморфизма; автоматическое связывание объектов системы за счет системы указателей на объекты.

Для моделирования схемы теплоэнергетической установки на основе ОП были выбраны два базовых класса — «элемент» и «связь». Класс «элемент» характеризует компоненты оборудования (парогенераторы, турбины, цилиндры и отсеки турбины, конденсаторы, деаэраторы, подогреватели

ли, охладители, насосы, клапаны, коллекторы и т. д.). Класс «связь» характеризует компоненты, соединяющие оборудование: паро-, водо- и газопроводы, передающие теплоноситель между оборудованием, и валопроводы, передающие механическую энергию между цилиндрами турбины и от турбины к генератору, а также от электро- или турбопривода к насосам или другим механизмам собственных нужд электростанции.

Математическая модель схемы теплоэнергетической установки описывается системой балансовых уравнений, характеризующих процессы в элементах и связях. Эти уравнения хорошо известны [1–7], поэтому в данной работе их касаться не будем.

При разработке программного комплекса была поставлена задача, чтобы атрибуты компонентов элементов и связей, представляющие их изображения и системы уравнений, при необходимости, можно было создавать и корректировать непосредственно

в процессе моделирования схемы без изменения кода программы моделирования. Для этого в классах элементов и связей введены атрибуты, характеризующие графические параметры изображения, и текстовое поле, в которое можно записать систему уравнений математической модели объекта в виде текстовой информации.

Для объединения элементов и связей в единую систему в их классы введены поля, содержащие указатели на объекты, связанные с данным объектом.

Для взаимодействия с объектами в процессе моделирования и расчета схемы в поля классов введены методы взаимодействия, которые по однократному или двукратному щелчку кнопок мыши позволяют пользователю выполнять необходимые действия.

Структура программного комплекса визуального моделирования схем теплоэнергетических установок приведена на рис. 1.

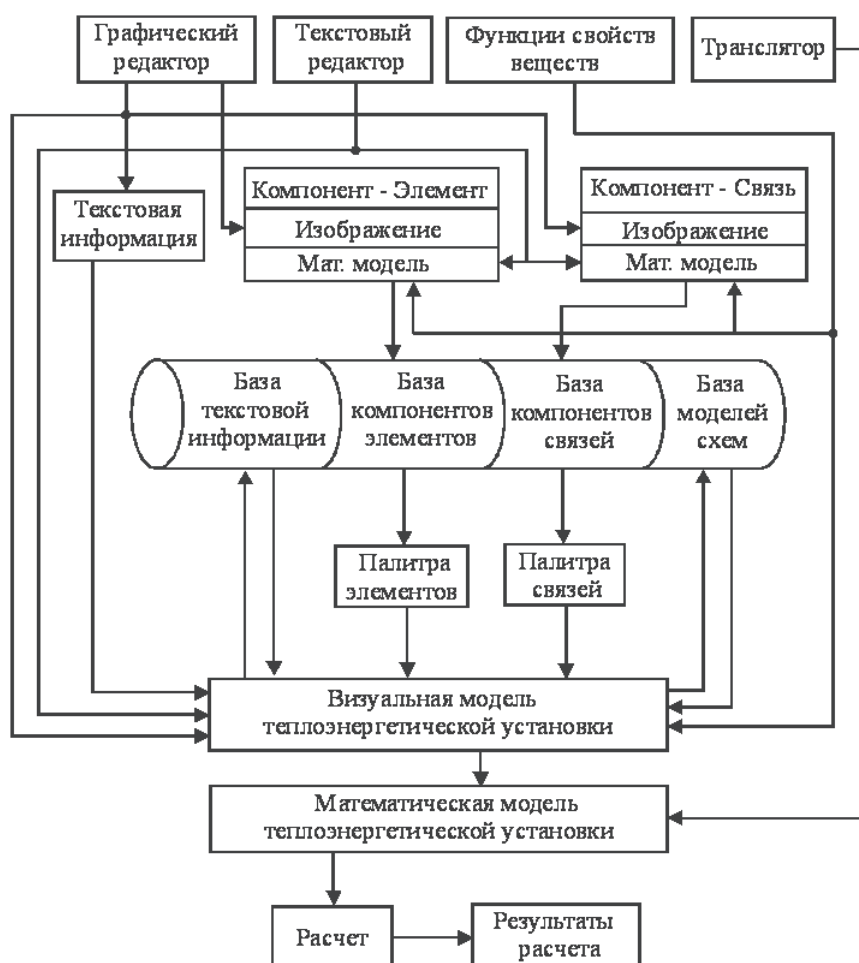


Рис. 1. Структура программного комплекса

Графический редактор позволяет нарисовать изображение компонентов класса «элемент» в виде цветного рисунка, характерного для данного вида оборудования, и изображение компонентов класса «связь» в виде ломаной линии необходимого типа и цвета. Также графический редактор позволяет на основе имеющихся компонентов ввести объекты элементов и связей и объединить их в единую схему с помощью указателей на объекты. Кроме того, графический редактор позволяет ввести необходимые обозначения на схеме в виде текстовой информации, при этом текстовая информация сохраняется в базе данных и считывается из нее при работе со схемой.

Компоненты всех разработанных элементов и связей со всеми атрибутами сохраняются в базу данных, откуда их изображения выводятся на панели палитры элементов и связей, где палитра представляет набор кнопок с изображениями компонентов. Из палитры компоненты могут быть выбраны для создания объектов модели схемы теплоэнергетической установки.

Система уравнений математических моделей компонентов элементов и связей записывается с помощью текстового редактора. Математическую модель компонента можно записать при его разработке, при этом она будет храниться в базе данных компонента в виде шаблона, или можно оставить ее поле пустым и заполнить его в созданном на основе компонента объекте.

При проектировании модели схемы теплоэнергетической установки на основе разработанных компонентов создаются конкретные объекты, имеющие все атрибуты породивших их компонентов. С помощью инспектора объекта эти атрибуты можно изменять. Так, например, можно изменить конфигурацию линии связи, ее тип и цвет, а, главное, можно изменять поле математической модели объекта — записать его заново или произвести изменения в шаблоне, что не влияет на шаблон породившего объект компонента.

Модель схемы теплоэнергетической установки со всеми объектами и текстовой информацией с заданным именем сохраняется в базу данных, откуда может быть вызвана по имени для корректировки или расчета.

При записи математических моделей элементов и связей требуются функции теплофизических свойств веществ. В данной работе использованы функции расчета свойств воды и водяного пара [10].

Для расчета схемы из текстовых записей математических моделей элементов и связей формируется единая математическая модель схемы теплоэнергетической установки, которая с помощью транслятора переводится в исполняемый код программы. Транслятор разработан на основе обратной польской нотации [11]. При наличии ошибок в математической модели транслятор указывает место и вид ошибки. Математическая модель стационарных режимов теплоэнергетической установки представляет систему нелинейных алгебраи-

ческих уравнений. Расчет системы производится модифицированным методом Ньютона.

Программный комплекс моделирования написан на языке программирования Delphi и имеет модульную структуру. К основным модулям программы относятся: модуль графического редактора; модуль текстового редактора; модуль расчета параметров воды и водяного пара; модуль разработки компонента, позволяющий создать его изображение и математическую модель и установить в палитру компонентов; модуль трансляции текстовой записи математической модели в исполняемый код; модуль создания документа и визуального моделирования схемы; модуль расчета схемы; модуль взаимодействия с базой данных.

Интерфейс программного комплекса состоит из ряда форм. Основным компонентом главной формы является рабочая область, на которой из элементов и связей моделируется схема теплоэнергетической установки. Главное меню позволяет выполнять операции с документами, настраивать внешний вид программы, создавать и сохранять модели схем, работать с библиотеками компонент, транслировать и рассчитывать математические модели и т. д. Панели инструментов содержат набор кнопок, дублирующих команды главного меню. Палитра элементов отображает кнопки с графическими изображениями элементов, на основе которых можно разрабатывать модель теплоэнергетической установки или ее подсистем. Палитра связей позволяет выбрать и нарисовать паропровод, водопровод или механическую связь. Инспектор объектов отображает атрибуты выбранного объекта и позволяет их изменять. Строка состояния показывает сведения о выделенной команде или выполняемой операции.

На рис. 2 приведена главная форма и формы разработки компонента паровой турбины.

Раздел меню «Файл» позволяет создать и записать в базу данных модель новой схемы или вызвать для расчета или корректировки модель существующей схемы.

В разделе меню «Библиотеки» по строке «Элементы» открывается форма с базой данных «Библиотека элементов», где в строках указаны имена существующих компонентов. Элементы в базе данных можно «Добавить», «Редактировать» и «Удалить». По строке «Добавить» открывается форма «Редактор элементов», в которой с помощью графических примитивов можно создать изображение компонента; ввести его имя; с помощью текстового редактора в поле отдельной формы создать шаблон математической модели компонента. После сохранения и закрытия формы «Редактор элементов» имя компонента появляется в строке базы «Библиотека элементов», а после выхода из базы в палитре элементов главной формы появляется кнопка с изображением компонента. По строкам «Редактировать» и «Удалить» можно изменить изображение и шаблон математической модели и удалить компонент.

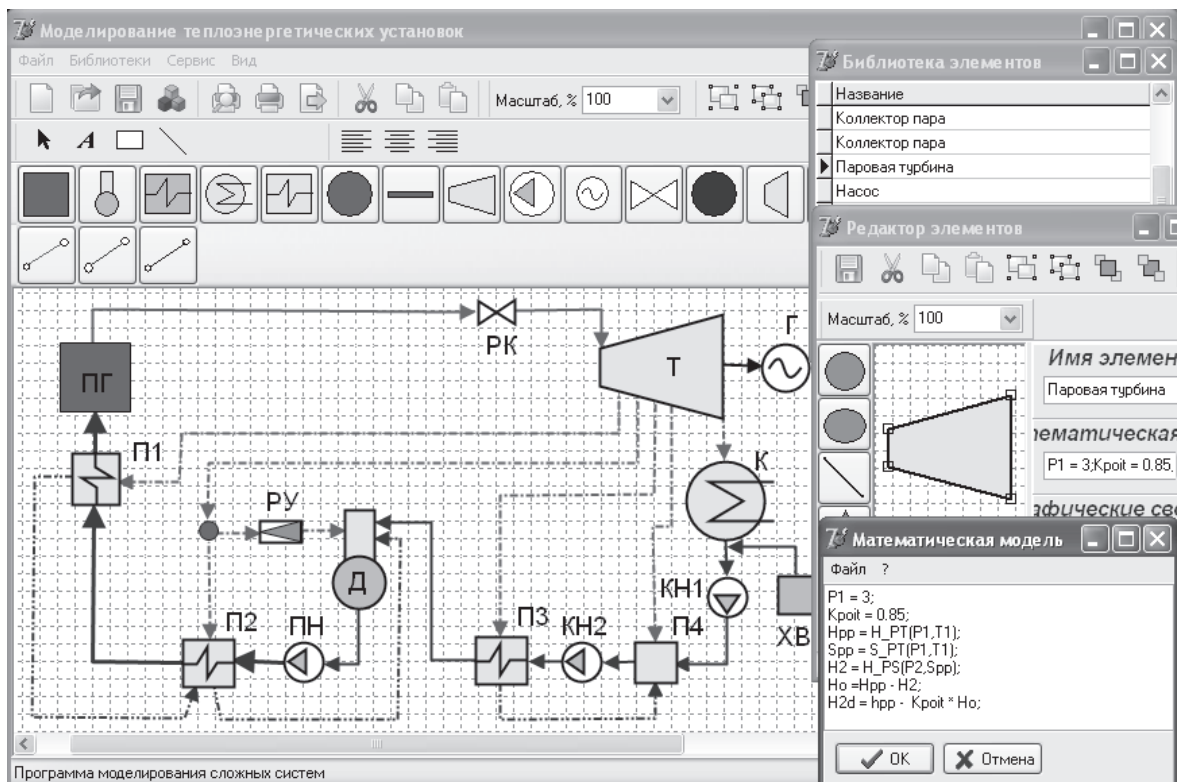


Рис. 2. Главная форма и формы разработки компонента

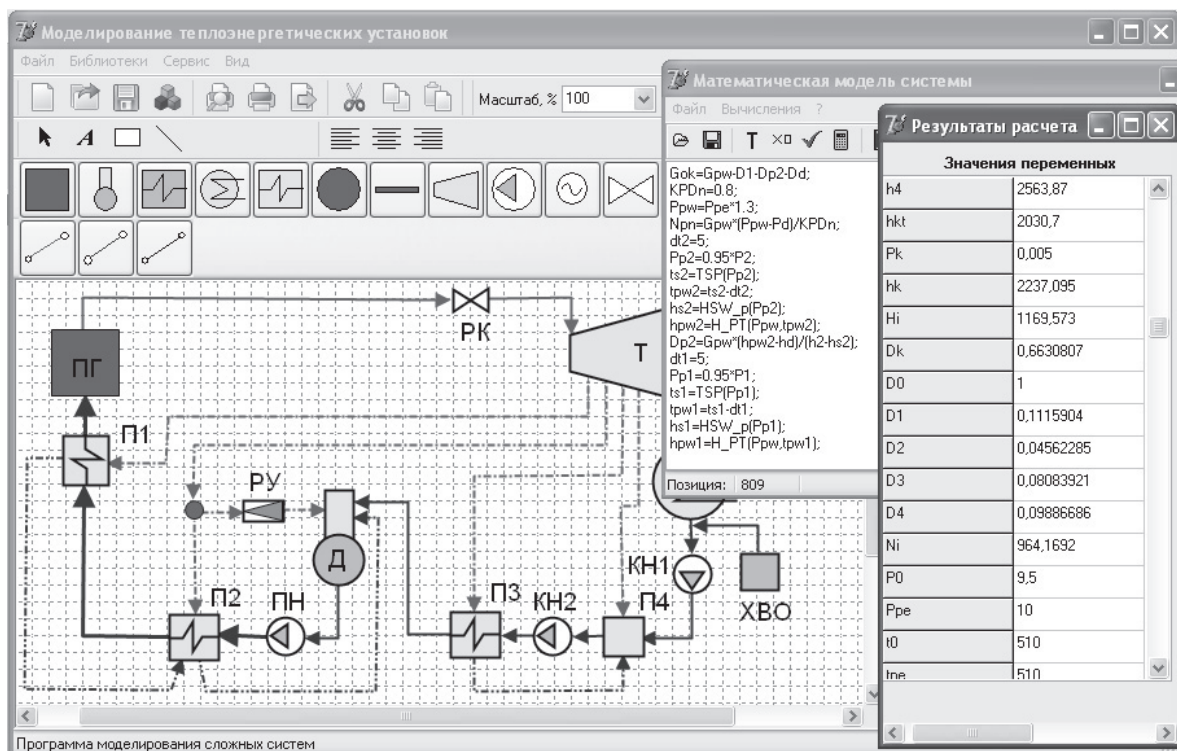


Рис. 3. Главная форма и формы математической модели и результатов расчета схемы

Подобным образом в разделе меню «Библиотеки» по строке «Связи» в базе данных создаются, корректируются или удаляются компоненты связей.

Модель схемы собирается из объектов, которые создаются при щелчке левой кнопкой мыши по кнопке с изображением компонента на палитре и устанавливаются в нужном месте рабочей обла-

сти. Объединение объектов в единую систему производится при вводе связей. При этом в связи устанавливаются указатели на объекты — из которого она выходит и в который входит, а в этих объектах устанавливаются указатели на связь.

Расчет схемы производится по разделу меню «Сервис» строка «Модель системы». При этом открывается форма «Математическая модель системы» (рис. 3) в которой отображается система уравнений всех объектов схемы. Трансляция системы уравнений производится щелчком левой кнопки мыши по кнопке «Т» на панели инструментов формы.

После расчета значения всех параметров модели схемы выводятся на отдельную форму в виде таблицы (рис. 3).

Процесс моделирования можно производить поэтапно, проверяя на каждом этапе адекватность создаваемой модели. Также можно моделировать отдельные элементы или фрагменты схем.

В настоящее время программный комплекс позволяет моделировать схемы пароводяного тракта ТЭС, АЭС и котельных. При добавлении в него функций расчета свойств воздуха и газов можно будет моделировать газоздушный тракт ТЭС и котельных, а также схемы газотурбинных и парогазовых установок.

Выводы

1. Объектный подход к визуальному моделированию схем теплоэнергетических установок существенно упрощает процесс моделирования, делая его наглядным и поэтапным.
2. Программный комплекс моделирования позволяет создавать и изменять компоненты и их математические модели непосредственно в процессе работы, автоматически объединять объекты схемы в единую систему.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Попырин Л.С. Математическое моделирование и оптимизация теплоэнергетических установок. — М.: Энергия, 1978. — 416 с.
2. Шубенко-Шубин Л.А., Палагин А.А. Математическое моделирование тепловых схем паротурбинных установок // В кн.: Вопросы оптимизации и расчета паротурбинных блоков большой мощности. — Саратов: СПИ, 1969. — Вып. 39. — С. 83–100.
3. Зорин В.М., Бисярин А.Н. Универсальная математическая модель для расчета тепловых схем АЭС и АТЭС // Труды Московского энергетического института. — 1980. — Вып. 474. — С. 148–161.
4. Вульман Ф.А., Корягин А.В., Кривошей М.З. Математическое моделирование тепловых схем паротурбинных установок на ЭВМ. — М.: Машиностроение, 1985. — 112 с.
5. Попырин Л.С., Самусев В.И., Эпельштейн В.В. Автоматизация математического моделирования теплоэнергетических установок. — М.: Наука, 1981. — 236 с.
6. Палагин А.А. Автоматизация проектирования тепловых схем турбоустановок. — Киев: Наукова думка, 1983. — 160 с.
7. Боровков В.М., Казаров С.А., Кутахов А.Г., Романов С.Н. Автоматизированное проектирование тепловых схем и расчет переменных режимов ПТУ ТЭС и АЭС // Теплоэнергетика. — 1993. — № 3. — С. 5–9.
8. Галашов Н.Н. Объектное моделирование тепловых схем паротурбинных установок // Электрические станции. — 2008. — № 12. — С. 14–17.
9. Гради Б. Объектный анализ и программирование с примерами приложений на С++. — М.: «Издательство Бином»; СПб.: «Невский диалект», 1998. — 560 с.
10. Александров А.А. Международное уравнение состояния воды и водяного пара // Теплоэнергетика. — 1997. — № 10. — С. 68–72.
11. Лебедев В.Н. Введение в системы программирования. — М.: Статистика, 1975. — 312 с.

Поступила 01.09.2011 г.